引用格式：王建芳, 苏利阳, 谭显春, 等. 主要经济体碳中和战略取向、政策举措及启示. 中国科学院院刊, 2022, 37(4): 479-489.
Wang J F, Su L Y, Tan X C. Carbon neutrality policy measures in global major economies. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(4): 479-489. (in Chinese)

# 主要经济体碳中和战略取向、政策举措及启示



王建芳　苏利阳*　谭显春　陈晓怡　葛春雷

中国科学院科技战略咨询研究院　北京　100190

**摘要**　文章对全球主要经济体的碳中和战略取向、目标设定、政策措施等进行系统梳理。研究显示，由于社会基础、经济基础和政治基础各不相同，主要经济体的碳中和战略取向也不同，可分为引领型、增长型、跟随型、摇摆型4类。这些经济体基本按照“目标路线图+关键领域目标”的框架构建碳中和目标体系，但引领型通常完成立法并制定严格的减排目标，其他类型往往弱化减排目标约束而关注新兴行业增长目标等。其主要根源在于，现有技术不足以支撑实现碳中和。因此，碳中和科技创新得到各国普遍重视，力求占据产业竞争制高点，但欧美追求“本土制造”的做法可能不利于降低新技术成本；在市场激励上，碳排放权交易市场被普遍采用，但碳定价机制仍有待进一步优化。全球主要经济体碳中和相关措施对我国制定完善碳中和政策有重要的启示意义。

**关键词**　碳中和，技术创新政策，国际经验，财税激励

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20220110005

《巴黎协定》签订以来，全球越来越多的国家做出碳中和承诺。根据英国能源与气候智库统计，截至2021年12月，全球已有136个国家和地区承诺碳中和①。“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”，是我国统筹国内国际大局做出的重要战略选择，是未来相当长一段时间内重点推进的工作。

实现碳中和无疑是非常具有挑战性的。达到净零排放需要完全不同于以往的发展模式、技术基础和产业体系[1]，需要在实践中逐步探索，并高度依赖政策

* 通信作者
资助项目：中国科学院学部重大咨询项目（E1J1691602）
修改稿收到日期：2022年4月2日；预出版日期：2022年4月14日
① ECIU. Net zero tracker. (2021-12-24). https://zerotracker.net.

驱动。当前，我国已提出构建“1+N”的政策体系，积极推动碳中和技术创新，但我国从碳达峰到碳中和30年过渡期远远小于西方发达国家，任务重、时间紧，碳中和政策举措也需在实践中持续完善。

以欧盟、英国、美国等为代表的全球主要经济体高度重视碳中和顶层设计，基于不同经济发展阶段、资源禀赋、技术和产业基础等，从目标设定、关键部门减排、技术创新、财税激励等角度谋求构建相对系统但各有侧重的碳中和政策体系。本文通过文献调研和综合分析等方法，梳理欧盟、英国、德国、法国、美国、日本、印度、巴西等全球主要经济体的碳中和战略取向、目标设定与政策措施，以期为我国碳中和政策制定和政策工具制定提供参考。

## 1 主要战略取向

碳中和将对全球各经济体竞争力和地缘政治产生深远的影响。鉴于国情差异性，很难要求各经济体采取统一的步骤推动碳中和。结合各经济体的主要战略和政策文件，相关经济体的碳中和的战略取向大致分为引领型、增长型、跟随型、摇摆型4类（表1）。

（1）引领型模式，即追求以碳中和引领经济社会转型。该战略取向强调碳中和在经济社会转型中的核心地位，要求以碳中和引领新经济增长、生产生活方式变革、能源供应、生态保护等，实现整个经济社会绿色发展转型。这主要以欧盟及德国、法国、英国等欧洲国家为主，其有着强大的绿色政治基础，并愿意承受一定的转型成本。这些经济体开展了系统的绿色发展转型战略设计并给予立法保障。例如：2020年1月欧盟委员会通过的《欧洲绿色协议》提出2050年达到碳中和的目标，设计了欧洲绿色发展战略的总框架，强调要以此为基准统筹与协调欧盟所有政策与举措[②]；法国政府2015年通过《绿色增长能源转型法》和首个《国家低碳战略》，提出至2050年减排目标，2020年4月以法令形式通过修订后的《国家低碳战略》，提出2050年实现“碳中和”的目标。

（2）增长型模式，即将碳中和视为经济增长的机会和工具。该战略取向注重碳中和带来的产业发展机会，将其作为发展新经济的一种手段，但不愿意付出过大的社会经济代价，这主要以日本、巴西等经济体为主。日本2020年发布《绿色增长战略》，将应对全球变暖、实现绿色转型视为拉动经济持续复苏的新

表1 主要经济体的碳中和战略取向分类

Table 1 Classification for carbon neutrality strategic orientation of major economies

| 类型 | 战略取向 | 主要举措 | 代表性经济体 | 国内政治基础和社会经济条件 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 引领型 | 以碳中和引领经济社会转型 | 制定系统的转型策略 | 欧盟、德国、法国、英国 | 绿色政治基础极为雄厚，经济较为发达 |
| 增长型 | 将碳中和视为经济增长的机会和工具 | 制定绿色增长战略 | 日本、巴西、韩国 | 有着较为强大的反对力量，不愿意付诸过大社会经济代价 |
| 跟随型 | 慎重平稳推进碳达峰、碳中和 | 不追求激进的举措，以自身客观需求为出发点 | 印度、印度尼西亚 | 客观上仍处在碳排放不断增长阶段 |
| 摇摆型 | 政策取向受政治驱动而不断摇摆 | 以行政手段推动碳中和，稳定支持技术创新 | 美国 | 国内拥护碳中和势力与反气候变化势力同样强大，特定政治体制下碳中和政策举措不停摇摆，技术创新能力强大 |

② EU Commission. A European Green Deal: Striving to be the first climate-neutral continent. (2019-12-11). https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

增长点，并预计到2030年该战略每年带来90万亿日元的经济效益[③]。巴西在2021年启动了《国家绿色增长计划》，着力推动应对气候变化与经济增长的有效融合。但这些经济体也有着较为强大的力量反对碳减排。例如，日本目前仍高度依赖化石能源，传统汽车产业也较为庞大，在转型方面困难重重。

（3）跟随型模式，即慎重平稳推进碳达峰、碳中和。主要以尚未实现碳达峰的发展中国家如印度、印度尼西亚为代表。这些国家发展任务相对繁重，能源结构以煤炭为主，经济处在相对快速的增长阶段，总体上仍不得不依赖传统的工业化道路，尚无法支撑起全面的碳中和转型。印度尽管在2021年11月宣布到2070年实现碳中和，但还没有形成完整的脱碳计划，战略重点强调能源的安全和可负担供应，如煤炭清洁利用与发展可再生能源。

（4）摇摆型模式，即政策取向受政治驱动而不断摇摆。主要以美国为代表，其国内拥护碳中和势力与反气候变化势力同样强大，在特定政治体制下碳中和战略取向摇摆不定。在拜登政府上任后，美国扭转了特朗普政府时期的气候政策，2021年2月签署了“应对国内外气候危机的行政命令”，同年11月发布《迈向2050年净零排放的长期战略》[④]。但由于特定的立法体制，美国应对气候变化立法没有实质性突破，拜登政府不得不以行政令为主推进碳减排，相关举措具有短期性。例如，被叫停的美加输油管道项目“拱心石XL”完全有可能在共和党总统上任后重新启动。但美国对绿色清洁技术创新的支持是长期而较为坚定的。

## 2 目标体系

目标引领对实现净零排放至关重要。从主要经济体的举措看，大都按照“目标路线图+关键领域目标”的框架来构建目标体系，并构建起目标完成情况的统计、核算和监督体系。但不同战略取向的经济体在目标体系设定方面有一定的差异。

（1）制定中长期碳中和目标路线图。按照《巴黎协定》的要求，主要经济体大都确立了碳中和时间表及阶段性目标。其中，欧盟、英国、法国、德国、日本等基本完成了碳中和目标立法，而美国、巴西和印度等尚未在法律中确立碳中和目标。除印度外，上述经济体从碳排放达峰到碳中和的时间尺度大约为35—60年，达峰时间越晚意味着实现碳中和的压力越大（图1）。① 英国、法国、德国的碳排放峰值年份为1990年左右，但这3国在减排路径和目标设定上有较大的差异。英国的阶段性目标最为激进，其承诺2030年温室气体排放量比1990年至少降低68%，2050年实现碳中和；德国则是碳中和时间点最为激进，2030年阶段性减排目标为减少55%，但2021年《联邦气候保护法（修订案）》确立2045年实现碳中和，因此2030年后减排压力较大。② 美国和巴西的碳达峰时间均为2005年，2030年阶段性目标是分别比2005年下降大约50%—52%和43%，碳中和时间分别为2050年和2060年。③ 日本的碳达峰时间为2013年，其从碳排放达峰到碳中和仅有35年左右时间，减排压力相对较大。④ 印度碳中和目标年份为2070年，目前尚不明确达峰时间，阶段性减排目标是到2030年单位国内生产总值（GDP）碳排放量比2005年降低45%。

（2）差异化设定关键领域减排目标。在分领域减排目标上，各主要经济体采取了不同的策略，但总体上与各自碳中和战略取向相匹配。① 设定严格的领域减排目标，确立每年度的目标任务并对目标完成情

③ METI. Green Growth Strategy towards 2050 Carbon Neutrality. (2020-12-25). https://www.meti.go.jp/english/press/2020/1225_001.html.

④ United States Department of State. The long-term strategy of the United States pathways to net-zero greenhouse gas emissions by 2050. [2021-12-20]. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf.

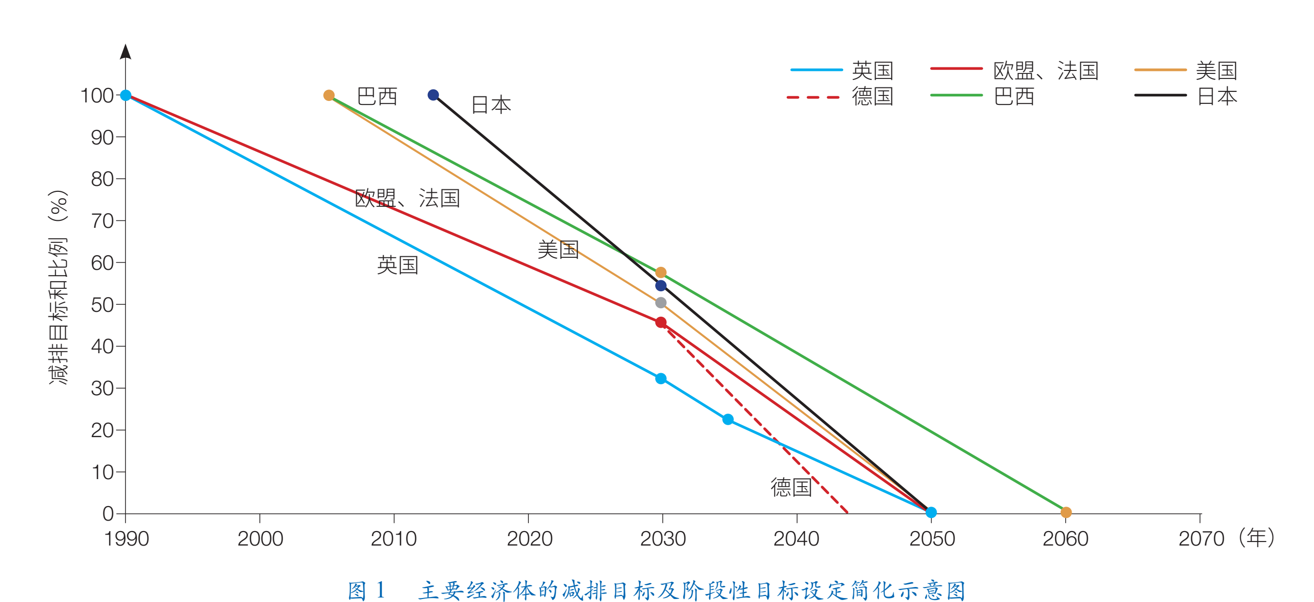



图 1　主要经济体的减排目标及阶段性目标设定简化示意图

Figure 1　Simplified schematic diagram of emission reduction targets and phased target setting of global major economies

（1）设定各国减排基准年碳排放为 1，2030 年阶段性减排目标为基准年的比例（通常情况下，各经济体是把碳排放峰值年为阶段性目标的基准年份）；（2）欧盟、法国和德国的 2030 年减排目标一致，但实现碳达峰的年份有差异，故在图中德国以虚线来表示；（3）因印度未达峰，没有设定绝对减排目标，故未在图中显示

(1) The carbon emission reduction base year for each country is set as 1, and the staged emission reduction target in 2030 is the ratio of the base year. Usually, economies set carbon emission peak year as the base year for phased targets. (2) The emission reduction targets in 2030 of the EU, France and Germany are the same, but the years of achieving carbon peak are different, so Germany is represented by dotted line in the figure. (3) As India has not reached its peak and have not set absolute reduction target, it has not shown in the figure

况进行奖惩。这主要以德国、法国等强调以碳中和引领经济社会转型的经济体为代表。德国《气候行动计划 2030》明确建筑和住房、能源、工业、运输、农林等部门在 2020—2030 年的刚性年度减排目标，形成传导压力、落实责任、倒逼目标的强约束作用。法国在 2015 年通过的首个《国家低碳战略》确立了碳预算制度，其设定了分阶段碳预算，并细分至交通、建筑、能源、农业、工业、垃圾处理等领域。② 设立非约束性领域减排目标，该目标主要以政治宣示为主，缺乏严格的实施机制。主要以美国为代表。例如，美国将电力脱碳作为领域减排的重点，计划 2035 年实现 100% 清洁电力目标。③ 回避领域的减排目标，将目标聚焦在可再生能源发展规模等方面。例如：日本从绿色增长角度，提出到 2040 年海上风电发电装机容量达到 4 500 万千瓦；印度提出 2030 年 50% 的电力将来自可再生能源。

（3）构建碳减排目标的调整优化机制。① 经济体碳中和相关总体目标的调整。欧盟、英国、德国都曾经对 2030 减排目标或碳中和目标进行调整。例如，欧盟早期的 2030 年减排目标为 40%，2020 年才调整至 55%[2]。这反映全球主要经济体通常不纠结于“一诺千金”，而是根据形势做相应调整优化。② 在一经济体内部为确保碳减排过程中的公开透明，对有关行业的减排情况进行统计核算、评估和调整优化。以德国为例，《联邦气候保护法》规定每年 3 月 15 日，德国联邦政府都会分别计算整个德国及各个行业上一年的温室气体排放水平，并由独立的气候问题专家委员会负责审查数据，联邦政府据此更新长期战略与行业年度上限[3]。

## 3 关键领域减排举措

各主要经济体普遍在能源、工业、交通、建筑等重要的碳排放领域采取有针对性的措施，推动关键领域碳减排与碳中和[4]。

### 3.1 能源

能源转型是实现经济社会脱碳的关键途径，其中电力碳中和又是能源碳中和的基础。例如，日本《绿色增长战略》明确提出2050年碳中和的前提条件是电力部门实现无碳化。从各经济体举措看，其在能源转型方面既有共同点，也有较大差异。

*构建可再生能源发电为主体的高可靠性电网成为基本共识。*发展可再生能源的核心是支撑电力系统碳中和，基本趋势是构建高比例可再生能源的电力结构。例如，德国《可再生能源法修正案草案》明确了到2030年可再生能源发电占总电力消耗的65%。为应对可再生能源的不稳定性、波动性，非化石能源、储能、智能电网“一体化”发展成为各方关注的重点。由于资源禀赋不同，各经济体重点发展的可再生能源有一定差异，如日本强调海上风电、巴西注重发展生物质能等。

*在退煤方面南、北方国家有较大的差异。*除东欧国家外，欧洲国家大都就退煤形成了共识：德国2020年《煤炭逐步淘汰法案》提出到2038年实现完全退煤，并且新一届政府有可能会将退煤计划提前[⑤]；英国宣布煤炭发电退出的时间提前到2024年；法国则计划在2022年关停全部煤电。但一些煤炭依赖程度高的经济体仍然十分强调煤电的作用。例如，印度近年来采取多项举措提高推动煤炭的高效清洁利用，包括要求新建大型燃煤发电站使用超临界技术、分阶段改造现有旧电站等。

*在核能和油气资源开发上存在一定反复。*日本福岛核电站后，德国开始启动废核进程，并在2021年关闭了全部的核电站。但在2022年，欧盟委员会为应对电价高涨的风险，又将天然气和核能列为绿色能源，从而引起强烈的争议[⑥]。日本也开始有限度重启核能发电。例如，2021年4月日本同意关西电力公司美滨核电站3号机等重新启用[⑦]。美国拜登政府上台后，颁布行政令限制化石燃料发展，包括停止对公共土地或近海水域新的油气租赁开发项目许可、加强对新油气井的尾气排放监管等，但相关行政令完全可能在共和党总统上台后被撤销。

### 3.2 工业

工业是能源消耗和二氧化碳排放的主要领域。2019年经济合作与发展组织（OECD）国家工业部门二氧化碳排放量占其排放总量的29%[⑧]。

*从主要国家的举措看，工业减排举措大致集中在两个方面。① 发展循环经济和提高能源效率。*欧盟《我们对人人共享清洁地球的愿景：工业转型》强调通过发展循环经济和推动清洁生产实现工业脱碳，随后在2020年3月通过新版《循环经济行动计划》。*② 发展电能、氢能替代化石能源等技术，推广脱碳工艺和碳捕获、储存与回收。*例如，法国计划投入70亿欧元发展绿色氢能技术，在炼油、化工、电子和食品等领域使用无碳氢能，逐步实现工业脱碳。

*总体看，工业部门碳锁定效应明显，减排难度大，单纯依靠循环经济和提高能效无法实现工业领域碳中和，而电能、氢能替代的技术基础目前尚不牢固。*以钢铁行业为例，在引入副产物利用和循环、精准控制等创新技术后，依旧存在着较大规模的碳排放量；钢铁行业要走向碳中和仍需要引入碳捕获、利用与封存（CCUS）技术或者电能、氢能替代技术，但目前这些技术仍不成熟[⑨]。

---

⑤ 王林. 德国“弃煤”时间表或大幅提前. (2021-05-28). https://baijiahao.baidu.com/s?id=1700935695916427192&wfr=spider&for=pc.
⑥ 欧盟委员会. 欧盟正式将天然气和核能列为绿色能源. (2022-02-07). http://news.sohu.com/a/521153531_418320.
⑦ 王珊宁. 日本又要重启一座核电站机组 曾因不合规被禁止运行. (2021-06-17). https://t.ynet.cn/baijia/30983265.html.
⑧ 人行国际司青年课题组. 主要国家实现“碳中和”路线图. (2021-02-03). https://www.yicai.com/news/100939919.html.
⑨ 丁仲礼. 碳中和对中国的挑战和机遇. (2022-01-14). http://finance.sina.com.cn/esg/elecmagazine/2022-01-14/doc-ikyamrmz5125630.shtml.

### 3.3 交通

交通运输部门是碳排放长期趋增的行业。近年来随着汽车领域电动化、智能化技术的发展，交通部门的碳中和路线逐步清晰。

从总体看，各经济体的核心方向是推广碳中性交通工具，辅以出行结构调整。① 大规模推广相对成熟的新能源乘用车和商用车，并建设完善充电基础设施。但各经济体在转型方向上也存在着一定的差异。例如：日本将混合动力车作为近期推广重点，并把燃料电池汽车作为长期方案；而美国、欧盟则重点推广纯电动车，美国命令将近 65 万辆政府用车全部换成美国自产电动汽车。② 对于尚不成熟的航空、航海领域，在持续研发零碳燃料技术的同时，优先推动出行结构的调整优化。例如，德国自 2020 年 1 月起将长途火车票价增值税从 19% 降低到 7%，同时调高欧洲境内航班增值税。

从挑战看，交通领域碳中和主要面临配套基础设施体系的建设和关键技术突破。包括充电网络体系或者换电网络体系，以及建设从制氢到输运再到加氢站的完整体系。航空、航海领域的碳中和仍需突破零碳电力，氢、生物燃料零排放飞机，以及电动和氢燃料电池船舶等关键技术。

### 3.4 建筑

减少建筑行业排放同样是各经济体关注的重点，其核心路径有二。① 加大绿色建材和绿色施工推广力度。各经济体建立了绿色建筑标准，如英国发布绿色建筑评估方法（BREEAM），美国采用“能源之星”、德国采用“建筑物能源合格证明”，以标记能源效率及耗材等级。② 推行电气化替代和分布式能源供应。欧盟委员会在 2020 年发布的“革新浪潮”倡议提出，到 2030 年所有建筑将实现近零能耗。德国于 2020 年 11 月 1 日生效的《建筑物能源法》明确了用基于可再生能源有效运行的新供暖系统代替旧供暖系统的要求，并通过设立联邦节能建筑基金为节能建筑和节能改造提供免税与信贷支持。

建筑节能减排的难点在于既有建筑物及供暖体系的改造，以及超低能耗建筑的普遍性适用技术研发。以英国为例，2 000 万户家庭及数百万英国企业主要依靠燃气供暖，而要转向无碳供暖英国需要巨额投入翻新基础设施。由此可见，无碳供暖是高纬度地区经济体实现净零排放的最大障碍之一[⑩]。

## 4 技术措施

尽管对待碳中和的态度取向有所差异，但各经济体在提出碳中和目标后，均制定面向碳中和的科技战略或计划，加快布局绿色低碳技术创新，形成一场绿色技术和产业竞赛，力图在将来的国际竞争中取得优势（表 2）。

表2　主要经济体的碳中和技术创新战略定位及重点领域

Table 2　Strategic positioning and key areas of carbon neutrality technology innovation in global major economies

| 经济体 | 核心战略 | 顶层设计文件 | 重点领域 |
|---|---|---|---|
| 美国 | 成本优势+本土制造 | “变革性清洁能源解决方案” | 氢能、下一代建筑材料、电池储能、CCUS、可再生能源、先进核能 |
| 日本 | 技术优势+国际合作 | 《绿色增长战略》 | 海上风电、氨燃料、氢能、核能、下一代住宅、商业建筑和太阳能、汽车和蓄电池、船舶、碳循环产业等 |
| 欧盟 | 产品领先+本土制造+影响全球规则 | “欧洲绿色协议”下协调欧盟“创新基金”、“地平线欧洲” | 可再生能源发电技术、电网基础设施与输电技术、氢能技术、高能效建筑关键技术、超快速充电基础设施、锂离子或新型化学电池技术、低碳产品设计、CCUS |

⑩马翩宇 . 英国加速发展低碳经济 . (2021-12-29). https://baijiahao.baidu.com/s?id=1720429581353389748&wfr=spider&for=pc.

（1）在碳中和创新战略上，主要经济体都追求“技术领先”和“产业竞争”相结合，但战略重点不同。① 美国追求“成本优势+本土制造”。美国在制造业重返和供应链自主可控的战略下，强调要通过研发大幅度降低关键清洁能源、氢能等成本，确保这些新技术产品在美国制造，并迅速推动商业化应用。例如，美国能源部 2021 年发起的“能源地球”计划强调在未来 10 年大幅降低关键清洁能源技术成本。② 日本强调“技术优势+国际合作”。由于国内市场规模相对有限，日本注重通过引领国际规则和标准制定，促进自身新技术在世界范围内的使用。例如，提出将氨与煤炭混燃技术扩展至东南亚地区，形成日本主导的国际产业链。③ 欧盟追求“产品领先+本土制造+全球规则制定”。欧盟希望利用较大的本土市场规模和领先的技术优势，大规模鼓励技术在本地的商业化；同时，制定产品碳排放标准，并通过碳边境调节税和产品标准等影响全球供应链。以新能源汽车为例，欧盟 2020 年 12 月“新电池法草案”对电动汽车电池增加了回收效率和材料回收目标的要求，规定只有满足要求的动力电池才能在欧盟市场销售，并计划到 2025 年将欧洲打造成全球第二大电动汽车电池供应地。

（2）在科技创新布局上，主要经济体大都制定碳中和科技创新的顶层设计及路线图。① 欧盟。以《欧洲绿色协议》为基础，协调欧盟研发与创新框架计划“地平线欧洲”、欧盟“创新基金”等多个科学计划以重点支持气候友好技术研发和商业示范，并投入500 亿以上欧元支持清洁能源创新、工业转型及低碳建筑和智能交通等方面的关键技术突破和商业示范[5]。② 日本。以《绿色增长战略》为核心，提出 14 个领域的技术创新计划，并建立基于技术发展阶段（研发—示范—推广—商业化）的行业支持政策体系，协同推动技术、经济社会体系和生活方式的创新。③ 美国。发布“变革性清洁能源解决方案”。④ 英国。以“绿色工业革命的十点计划”为基础推出“净零创新组合计划”等。

（3）从重点领域看，各经济体普遍把氢能、可再生能源、CCUS 等作为重点，但侧重点有一定差异。① 氢能。氢能被视为21世纪最具发展潜力的清洁能源，欧盟委员会于 2020 年 7 月推出《欧洲气候中立氢能源战略》，德国、法国、印度都制定了国家氢能源战略或计划。但各国技术路线不同，如：欧盟委员会和德国认为短期内可以利用 CCUS 技术发展“蓝氢”作为过渡；法国希望集中资源聚焦发展“绿氢”[6]；印度支持生物质气化、生物技术路线和电解槽生产氢气的大型研发项目。② 可再生能源。主要侧重于新能源、新能源汽车与电池技术，包括新一代可再生发电技术、高可靠性电网技术、低成本高可靠性储能技术、先进核电技术等。③ CCUS。日本强调发展碳循环产业，包括从空气直接捕获二氧化碳技术等。

## 5 市场激励措施

根据科斯产权和庇古税等理论，财税政策和市场机制能够有效降低实现碳中和的社会经济运行成本，因而成为各经济体的重要政策手段。

### 5.1 碳定价机制

（1）各经济体相继开始碳排放权交易。碳排放权交易以欧盟碳交易机制（EU-ETS）为主要代表，其于 2005 年正式实施；2018 年欧盟批准碳排放权交易体系 2021—2030 年改革方案，预计到 2030 年免费碳配额总量将相较 2005 年减少 43%，EU-ETS 是欧盟主要的碳减排工具。欧洲国家也普遍建立自身的碳排放权交易体系。例如：2021 年德国全面启动国家碳排放权交易系统，每吨二氧化碳的初始价格定为 25 欧元，此后将逐年提高碳定价；英国在脱欧后于 2021 年重新建立碳排放权交易系统（UK-ETS），其涵盖能源密集型工业等行业；日本也建立了多层次碳交易系统，包括中央设立的核证减排交易系统、地方层面（东京、埼玉和京

都）的碳交易市场，同时把国际市场作为重要补充；美国尽管没有国家级碳排放权交易体系，但多个州政府自发建立了区域性碳减排行动，较为有代表性和影响力的计划包括区域温室气体倡议（RGGI）、西部气候组织（WCI）和芝加哥气候交易所（CXX）等。

（2）碳关税正成为发达经济体碳中和目标的规则博弈焦点。碳关税本质上是利用自身市场地位推动第三国生产者减少排放。例如，欧盟计划实施碳关税。2021 年 3 月欧洲议会通过了“碳边境调节机制”议案，该议案提出将从 2023 年开始对欧盟进口的部分商品征收碳关税[7]。但碳边境调节税的实施将面临众多争议，如俄罗斯和澳大利亚表态坚决反对。

### 5.2 财税措施

（1）建立激励碳减排的税收与补贴机制。① 对企业实施税收优惠。2021 年美国财政部和国税局发布针对 CCUS 企业的税收优惠政策，按照捕获与封存的碳氧化物数量计算税费抵免额；日本政府出台碳中和投资促进税收、亏损结转特别扣除限额、扩大研发税收减免等多项财税优惠措施，以更好地引导企业开发节能技术、使用节能设备。② 激励消费者购买绿色产品。例如，德国从 2019 年 11 月起对购买电动汽车的消费者给予最高 6 000 欧元的补贴，对 2021 年以后新购买的燃油车征收基于公里碳排放的车辆税。③ 注重构建公平税制。例如，德国为降低低收入者承担的转型成本，在政策设计中包含了为低收入者增加通勤津贴等。

（2）建立健全碳中和的投融资机制。① 设立绿色创新基金。日本提出在未来 10 年内设立 2 万亿日元规模的绿色创新基金，对包括可再生能源业务、低油耗技术利用和下一代蓄电池业务在内的绿色企业提供风险资金支持；英国成立绿色投资银行⑪。② 推动银行大力支持碳中和。例如，欧洲投资银行启动了相应的新气候战略和能源贷款政策，到 2025 年将把与气候和可持续发展相关的投融资比例提升至 50%；德国制定《复兴银行促进法》，对碳减排企业给予融资激励和信息服务。

## 6 总结与启示

### 6.1 主要经济体碳中和政策措施的特点

总体而言，主要经济体积极响应碳中和目标，在战略层面、目标体系、政策举措方面采取了系列措施，形成了相对系统的碳中和政策措施，并基于不同经济发展阶段、资源禀赋、技术基础等制定各有侧重的政策。各经济体碳中和主要特征有如下 4 点。

（1）结合自身发展基础确立碳中和战略取向，构建相对完整的目标体系并强化适时调整。由于社会经济基础和政治基础各不相同，各经济体对待碳中和的态度和战略取向不同，大致有引领型、增长型、跟随型、摇摆型 4 类。主要经济体的碳达峰时间有一定差异，达峰时间越晚也意味着实现碳中和的时间窗口越短。与碳中和战略取向相匹配，各经济体差异化设定关键部门减排目标，如：引领型经济体通常完成立法并制定严格的领域减排目标，其他经济体往往弱化领域减排目标而关注新兴行业增长目标等。与此同时，主要经济体都建立了碳排放统计核算体系，对总目标及分领域目标的完成情况进行跟踪评估，并根据形势调整优化相关目标。

（2）形成重点鲜明的关键领域减排路径，但不足以支撑碳中和。在能源、工业、建筑、交通等领域，各经济体都部署了重点鲜明的领域减排措施，能够有力地推动温室气体减排。但由于技术不成熟、各经济体利益诉求有差异，一些减排措施（如退煤、油气、核能、工业脱碳路径等）存在着争议，即便最为激进的欧盟也不得不在绿色能源认定上出现妥协。总体

⑪ 2016 年更名为“绿色投资集团”。

看，现有措施尚不足以支撑起关键部门实现碳中和，走向全面碳中和仍有待技术突破。这种不确定性也是“非引领型”国家不愿意设定严格的关键领域减排目标的重要原因。

（3）坚持碳中和科技创新与产业竞争力相结合的策略，有可能不利于降低成本。无论是引领型经济体，还是增长型、跟随型、摇摆型经济体，大都注意到碳中和的科技创新需求及庞大的产业发展机会，希望通过科技研发优势塑造产业竞争力。各经济体均加强研发投入，支持可再生能源发电、高可靠电网技术、绿氢、可持续交通、CCUS技术等研发；同时，注重从政策层面整合利用公共和私营部门资源，推动低碳、零碳、负碳技术的创新和商业化行动。但美国和欧洲着重强调科技创新孵化产业的本土制造，可能不利于降低相关技术的成本。

（4）碳定价机制仍有待探索，但财税制度相对完善。各经济体碳排放权交易体系虽然已经运行多年，但要在交易中发现合理的碳价格，并在加大碳减排力度的同时最大限度地降低对行业发展的约束，该体系仍然需要持续完善。碳边境调节税有可能引发国际规则博弈。相较而言，各经济体的财税制度较为完善，也配套出台相应的大规模投融资计划，有利于推动经济、社会与产业沿既定的方向发展。

## 6.2 完善我国碳中和政策举措的建议

基于对全球主要经济体碳中和政策体系主要特点的分析，为了推动我国构建与完善碳中和政策体系，本文提出5点建议。

（1）坚持实施以抓住碳中和的新经济机遇为核心的增长型战略。从经济社会发展基础看，我国目前并不适合以较高的社会经济代价推动碳中和引领经济社会全面转型。2021年一些地方的“运动式减碳”“一刀切减碳”就是典型的负面证明。正因为如此，国家提出碳达峰、碳中和需要做到“先立后破”。因此，要重点抓住碳中和的新经济机遇，实施绿色增长战略，同时把握好转型节奏、控制转型成本，确保能源安全供应与产业有序转型。

（2）适时完善碳中和目标体系，加快立法和制度保障、补齐碳排放统计核算短板。我国作为最大的发展中国家，也是碳排放大国，从2030年实现碳达峰，再到2060年达成碳中和目标，仅有30年过渡期；与世界主要碳排放国家相比，实现碳中和目标任务重、时间紧、压力大。因此，建议聚焦碳中和目标，尽快制定“碳中和促进法”，统筹推进碳中和领域相关法律的制修订工作，为强化碳排放控制、行动和政策提供稳定连贯的制度保障与行动指引。同时，要注重补齐我国碳排放统计核算短板，为有序推进碳达峰、碳中和提供坚实的数据基础。

（3）稳妥有序推动关键领域减排措施。鉴于我国作为全球最大的工业制造国，必须要稳妥推进能源、工业、交通、建筑等重点领域减排。在能源领域，传统能源逐步退出要建立在新能源安全、可靠、低成本的替代基础上；在工业领域，近期优先推动循环经济和提高能效，广泛开展低碳化、无碳化工艺流程示范试验；在交通领域，要加快推动汽车的电气化进程，关注氢能和电能替代在航空、航海领域的应用；在建筑领域，采取差异化的建筑低碳化策略。

（4）坚持科技创新与产业化转化并行，力争国际创新制高点。在新一轮全球绿色竞赛中，我国要统筹谋划技术发展方向和路径，率先突破“从0到1”的原始科技创新和主导推进“从1到100”的科技成果转化，实施绿色技术和制造业立国战略。对于核聚变、碳循环利用等颠覆性技术，需要调动国家战略科技力量，持续加大研发支持。对于技术成熟度较高的零碳电力技术、储能技术、零碳工业流程再造技术、碳汇技术等，要发挥举国体制优势，扶持技术研发、试点与推广，赢取产业竞争优势。

（5）以强化成本有效性为导向发挥市场机制作用。近年来，我国在社会主义市场经济体制下逐步构

建了低碳发展的市场激励措施，建立了用能权交易、碳市场交易等多种交易体系，并开展绿色金融试点。但从国际经验看，很少有经济体同时建立多套交易体系，建议我国应当在碳排放交易框架下，尽快推进用能权交易、碳市场交易、绿证交易等的有效衔接。同时，要不断完善财税政策，加快构建符合低碳、零碳、负碳产业发展规律的税收减免和补贴体系，助力形成具有成本效益的碳中和路径。

## 参考文献


1 中国科学院可持续发展战略研究组. 2020中国可持续发展报告：中国特色的碳中和道路. 北京: 科学出版社, 2021.
China Sustainable Development Report 2020: Exploring Pathways towards Carbon Neutrality. Beijing: Science Press, 2021. (in Chinese)

2 张雅欣, 罗荟霖, 王灿. 碳中和行动的国际趋势分析. 气候变化研究进展, 2021, 17 (1): 88-97.
Zhang Y X, Luo H L, Wang C. Progress and trends of global carbon neutrality pledges. Climate Change Research, 2021, 17(1): 88-97. (in Chinese)

3 王涵宇, 吴思萱, 张扬清, 等. 德国推进碳中和的路径及对中国的启示. 可持续发展经济导刊, 2021, (3): 27-30.
Wang H Y, Wu S X, Zhang Y Q, et al. The path of carbon neutral in Germany and its enlightenment to China. China Sustainability Tribune. 2021, (3): 27-30. (in Chinese)

4 杜群, 李子擎. 国外碳中和的法律政策和实施行动. 中国环境报, 2021-04-16(06).
Du Q, Li Z Q. Legal policies and implementation actions of carbon neutrality abroad. China Environment News, 2021-04-16(06). (in Chinese)

5 董利苹, 曾静静, 曲建升, 等. 欧盟碳中和政策体系评述及启示. 中国科学院院刊, 2021, 36(12): 1463-1470.
Dong L P, Zeng J J, Qu J S, et al. Review of EU's carbon neutral policy system and its enlightenment. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, (12): 1463-1470. (in Chinese)

6 葛文博. 法国积极发展氢能源. 人民日报, 2020-10-09(16).
Ge W B. France actively develops hydrogen energy. People's Daily, 2020-10-09(16). (in Chinese)

7 刘斌, 赵飞. 欧盟碳边境调节机制对中国出口的影响与对策建议. 清华大学学报（哲学社会科学版）, 2021, 36(6): 185-194.
Liu B, Zhao F. The Impact of EU carbon tariff policy on China's export and suggestions for China. Journal of Tsinghua University (Philosophy and Social Sciences), 2021, 36(6): 185-194. (in Chinese)


# Carbon Neutrality Policy Measures in Global Major Economies

WANG Jianfang SU Liyang* TAN Xianchun CHEN Xiaoyi GE Chunlei
（Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China）

**Abstract** This study focuses on the strategies, targets and policy measures for carbon neutrality in global major economies. The research shows that due to the different socio-economic and political foundations, the transition strategy towards carbon neutrality in major economies is also varied, which can be divided into four categories: leading strategy, growth strategy, following strategy, and swing strategy. Most of them build carbon neutrality target system with the framework of "target roadmap+targets in key areas", but leading countries usually integrate targets into legislation and thus the objective is legally binding, while others tend to weaken emission reduction targets and focus on the development goals of emerging industries. The main reason is that the existing technologies fail to support the realization of carbon neutrality. Most economies attach importance to S&T innovation for carbon neutrality with the purpose of increasing industrial competitiveness. But the pursuit of "local manufacturing" in Europe and America may not be conducive to reducing the cost of new technologies. In terms of market incentives, carbon emission trading market is widely used, but the carbon pricing mechanism still needs to be further optimized. This study has

*Corresponding author

important enlightenment significance for China to improve carbon neutrality policy.

**Keywords** carbon neutrality, technological innovation policy, international experience, fiscal and tax incentives



王建芳　中国科学院科技战略咨询研究院副研究员。主要研究领域：科技政策、战略情报研究、科技评估等。主持和参与科技情报、科技管理体制机制、科技人才政策、科技评估等方向课题20余项。E-mail: wangjianfang@casisd.cn

**WANG Jianfang** Ph.D. in Management, Associate Researcher of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). Her research focuses on S&T policy, strategic information research, S&T assessment, etc. In recent years, she has mainly undertaken more than 20 research programs in the field of S&T information, S&T management system and mechanism, talent policy, and S&T evaluation.
E-mail: wangjianfang@casisd.cn



苏利阳　中国科学院科技战略咨询研究院副研究员。主要研究领域：生态文明建设与绿色发展、碳达峰、碳中和、公共政策过程等。主持和参与绿色低碳发展战略、生态文明体制改革评估、新能源汽车发展等方向的课题30余项。2017年度国土资源科学技术奖获得者。E-mail: suliyang@casisd.cn

**SU Liyang** Ph.D. in Management, Associate Researcher of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). His research focuses on ecological civilization and green development, climate change and public policy, etc. In recent years, he has mainly undertaken and participated in more than 30 research projects in the field of green development strategy and policy, evaluation on ecological civilization institutional reform, new energy vehicle policy, and so on. In 2017, he won the Award for Science and Technology in Land and Resources. E-mail: suliyang@casisd.cn

■责任编辑：文彦杰